

**e\_s**  
electronic shop



**SCIENCE  
FESTIVAL 2015**

# ELEKTRONISCHE BAUTEILE



Fonds National de la  
Recherche Luxembourg

  
UNIVERSITÉ DU  
LUXEMBOURG

**WARNUNG:**

**Elektrizität kann für den Menschen gefährlich sein!!!**

Elektrische Quellen hoher Spannung oder welche starke Ströme liefern (z.B. Steckdose), können lebensgefährlich sein. Sie sollten deshalb keinesfalls zum Experimentieren benutzt werden.



**Experimente nur mit schwachen Quellen durchführen.**

Die Spannung der Batterie (9V 6F22), wie sie in folgenden Versuchen benutzt wird, ist für Menschen unbedenklich.

Text und Grafik:	André Stemper
Fotos:	Marc Seil
Korrektur:	Charles Berg

05.2005	1.0	Erstausgabe
04.2007	1.1	Einige Korrekturen
09.2009	1.2	Science Festival 2009
09.2011	1.3	Science Festival 2011
05.2013	1.4	Webausgabe für Science.lu
07.2013	1.5	Science Festival 2013
07.2015	1.6	Science Festival 2015

Dieses Heft und weitere interessante Versuche findest du unter: **[www.science.lu](http://www.science.lu)**



**Viel Spaß beim Experimentieren!**

André Stemper

Kontaktadresse für Fragen und Verbesserungsvorschläge:  
[andre.stemper@uni.lu](mailto:andre.stemper@uni.lu)

Kopien vorliegender Veröffentlichung müssen kostenlos verteilt werden (Vervielfältigungskosten ausgeschlossen).

## ELEKTRIZITÄT? WAS IST DAS?

Der Begriff "Elektrizität" wurde vom griechischen Wort für Bernstein ἤλεκτρον (ēlektron) übernommen. Der Grund hierfür ist eine Beobachtung, die man schon im Altertum machte. Wird Bernstein zum Beispiel mit einem Stück Leder gerieben, zieht es kleine Teilchen wie Staub an.

Dieses Phänomen kann auch anderwärts beobachtet werden. Reibt man einen Luftballon an einem Pullover und hält ihn dann in die Gegend von Papierschnipseln, so werden diese von ihm angezogen. Das ist Elektrizität!

Zieht man in völliger Dunkelheit einen Wollpullover aus, so kann man kleine Funken sehen. Auch das ist Elektrizität!

Das spektakulärste natürliche Auftreten der Elektrizität ist jedoch ein Blitz. In ihm entladen sich Gewitterwolken, die durch Reibungselektrizität aufgeladen worden sind.

## WOHER KOMMT ELEKTRIZITÄT?

Bei den vorigen Beispielen, könnte man denken, dass hier Elektrizität „entsteht“. Das stimmt aber so nicht. Denn Elektrizität ist eine Form von Energie. Sie kann nur von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden.

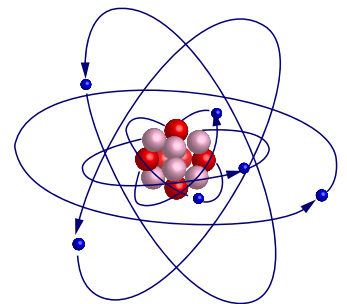
**Energie wird nicht erzeugt oder verbraucht. Energie kann nur in andere Energieformen umgewandelt werden.**

Andere Energieformen als Elektrizität sind z.B. *Wärmeenergie*, *chemische Energie* oder *mechanische Energie*. Bei den oben genannten Beispielen wurde mechanische Energie (Reibung) in Elektrizität umgewandelt.

Im ersten Beispiel wurden durch das Reiben sehr kleine Träger von Elektrizität, die sogenannten "Elektronen", aus dem Pullover gelöst und haben sich auf der Außenhülle des Luftballons angesammelt.

Elektronen stoßen sich gegenseitig ab, werden jedoch von Atomkernen (Siehe Kasten rechts) angezogen. Elektronen und Atomkerne sind also mit den Polen eines Magneten vergleichbar.

Bernstein (griech. ἤλεκτρον (ēlektron)) besteht aus fossilem Baumharz. Die leicht flüchtigen Bestandteile, die Pflanzenöle, sind verdunstet und das Harz ist erhärtet. Bernstein wurde im Altertum wegen seines besonderen Materials und der Farbe (honiggelb über rotbraun bis braunschwarz) als Schmuck gehandelt. Dass Bernstein jedoch Staub anzieht, war dabei wohl eher störend.



Bohrsches Modell eines Atoms

Die Materie (alles was uns umgibt) ist aus Atomen aufgebaut. Als Modell (siehe Bild) kann man sich ein Atom vorstellen als einen positiv geladenen Kern (rot), der von einem oder mehreren Elektronen (blau) "umflogen" wird.

Im Normalfall sind Atome elektrisch neutral (nicht geladen). Verliert ein Atom nun aber ein Elektron, so wird es positiv geladen (Ion genannt) und zieht Elektronen an. Dies geschieht zum Beispiel bei einer Batterie oder einem Luftballon, an dem gerieben wurde.

Deshalb versuchen sie, auf schnellstem Weg die Ansammlung auf dem Ballon zu verlassen, um zu einem Atomkern zu gelangen, an dem Elektronen fehlen, und so wieder ein vollständiges Atom zu bilden.

## WAS IST SPANNUNG?

Je mehr freie Elektronen auf dem Ballon angesammelt sind, desto mehr drängt es sie, den Ballon zu verlassen, da sie von anderen Elektronen abgestoßen werden. Es entsteht eine Art Druck. **Spannung** gibt an, wieviel Energie pro Ladung nötig ist, um diese Ladung gegen die Kraft zu bewegen, die von anderen Ladungen ausgeht.

**Man kann sich Spannung als einen Druckunterschied auf Elektronen vorstellen.**

## WAS IST STROM?

Elektronen im Metall sind vergleichbar mit Wassermolekülen in einer Leitung. Gibt es in einer Wasserleitung keinen Druckunterschied, bleibt das Wasser stehen. Erst durch den Druckunterschied beginnt es zu fließen.

Genauso kommt es auch in einem geschlossenen Stromkreis durch die Spannung zu einem Elektronenfluss, der **Strom** genannt wird. Er versucht den Überschuss und den Mangel an Elektronen zwischen den Polen auszugleichen.

**Man kann sich Strom als Größe vorstellen, die angibt, wieviele Elektronen pro Sekunde durch ein System (z.B. durch einen Draht) fließen.**

Viele elektronische Schaltungen kann man intuitiv verstehen, wenn man sich die Elektrizität als Flüssigkeit vorstellt.

Wasser	Elektrizität
Druckunterschied	Spannung
Fluss	Strom

**S**pannung wird in *Volt* (abgekürzt **V**) angegeben.

	Spannung
Batterie	1,2 - 24V
Steckdose	230V
Blitz	mehrere 100 Millionen Volt

Die Batterie in den folgenden Versuchen hat 9V.

Ein Luftballon, an dem wir gerieben haben, kann mehrere 1000 Volt haben!!! Jedoch ist die Gesamtenergie auf dem Ballon sehr klein und deshalb ungefährlich.

Je höher die Spannung ist, desto stärker werden kleine Teilchen wie Papierschnipsel angezogen.

**D**er Strom der durch ein System (z.B. eine Glühbirne) fließt wird in *Ampère* (abgekürzt **A**) angegeben.

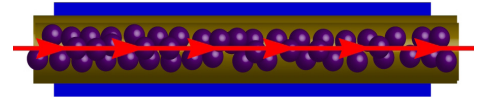
	Strom
60W Glühbirne (bei 230V)	0.27 A
LED	0.015-0.050A

Der Strom bei einem Blitzschlag ist enorm groß. (etwa 30.000 Ampère)

## LEITER, NICHTLEITER UND HALBLEITER

**B**ezogen auf Elektrizität kann man Materialien in drei Gruppen einteilen:

- Leiter: Sie können Strom leiten.
- Nichtleiter: Sie leiten keinen Strom.
- Halbleiter: Sie leiten Strom nur unter verschiedenen Bedingungen.



### LEITER:

In Metallatomen sind üblicherweise die äußeren Elektronen, die sogenannten Valenzelektronen, nur sehr schwach an den Atomkern gebunden. Sie können sehr leicht abgelöst werden, so daß sie sich frei durch das Metall bewegen (etwa wie Wasser in einem Rohr). Die große Beweglichkeit der freien Elektronen und die große Anzahl, mit der sie in Metallen auftreten, machen diese Stoffe zu sehr guten Leitern für Elektrizität, aber auch für Wärme.

**Beispiele:** Die meisten Metalle wie Kupfer, Aluminium, Eisen, Gold, ... sind gute Leiter.

### NICHTLEITER (Isolatoren):

Nichtleitende Stoffe besitzen keine lose gebundenen oder freien Elektronen. Alle Elektronen sind stark an den Atomkern gebunden. Isolatoren leiten den elektrischen Strom praktisch nicht.

**Beispiele** sind Luft, Papier, Glas, Gummi, Plastik, Keramik, die meisten Kunststoffe wie Plexiglas, PVC, Teflon ...

### HALBLEITER:

Neben den Isolatoren und den Leitern gibt es die sogenannten Halbleiter, aus denen viele elektronische Bauteile bestehen. Bei tiefen Temperaturen leiten sie keinen Strom, aber mit steigender Temperatur werden sie zu Leitern. Bei Lichteinfall können verschiedene Halbleiter vom nichtleitenden in den leitenden Zustand wechseln. Einige können sogar Lichtenergie in Elektrizität umwandeln: man benutzt sie, um Solarzellen herzustellen.

**Beispiele** sind Silizium, Germanium, Galliumarsenid ...

**D**estilliertes Wasser (sehr sauberes Wasser) kann man fast zu den Nichtleitern zählen. Es leitet nur noch sehr schlecht. Gibt es im Wasser aber "Verunreinigungen" wie Mineralien oder Salze, so leitet das Wasser Strom.

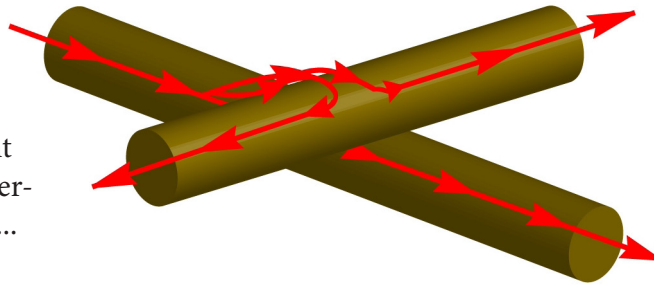
**W**enn man einen Luftballon an einem Pullover reibt, werden Elektronen vom Pullover auf den Luftballon übertragen, die Atomrümpfe bleiben zurück. Dieser Vorgang wird Ladungstrennung genannt. Man sagt, der Pullover und der Ballon sind elektrisch geladen.

Möglich ist das Phänomen nur, weil beide Gegenstände nicht leiten. Andernfalls würden die Elektronen sofort wieder abfließen.

## LEITER IN DER ELEKTRONIK

**L**eiter werden in der Elektronik benutzt, um die Elektronen zu leiten (wie Wasser durch Rohre). Kommen zwei Metalle in Kontakt, ohne dass ein Isolator (wie Luft oder Plastik) dazwischen ist, so können Elektronen von einem Leiter auf den anderen fließen.

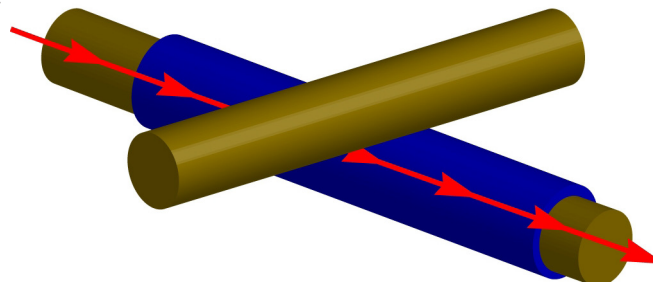
In einer Schaltung soll man immer darauf achten, dass die Bauteile, die leiten sollen, auch guten Kontakt machen, d.h. dass kein Isolator wie Luft oder Plastik dazwischen ist. Anderenfalls wird die Schaltung nicht funktionieren, und die nervige Fehlersuche beginnt...



## NICHTLEITER IN DER ELEKTRONIK

**B**efindet sich ein Isolator zwischen den Metallen, so können die Elektronen nicht mehr fließen. Drähte sind oft von einem Plastikmantel umgeben, der sicherstellt, dass es keine ungewollte elektrische Verbindung gibt.

Wenn man eine Schaltung baut ist es ratsam, immer darauf zu achten, dass sich nur die Drähte berühren können, die sich berühren sollen. Anderenfalls kann schnell ein Bauteil zerstört werden.



## WAS IST EINE ELEKTRONISCHE SCHALTUNG?

**E**ine elektronische Schaltung ist ein Aufbau, mittels dem die elektrische Energie dazu gebracht wird, eine bestimmte Arbeit für uns zu leisten. Die Schaltung leitet dabei den Fluss der Elektronen.

Damit eine Schaltung funktionieren kann, muss es einen Ort mit mehr Elektronen, einen zweiten Ort mit mehr Atomrümpfen sowie einen Weg zwi-

schen beiden geben, über den die Elektronen zu den Atomrümpfen fließen können.

Unser Ziel ist es eine Schaltung, derart zu bauen, dass die Elektronen für uns möglichst viel nützliche Arbeit verrichten.

## WAS SIND ELEKTRONISCHE BAUTEILE?

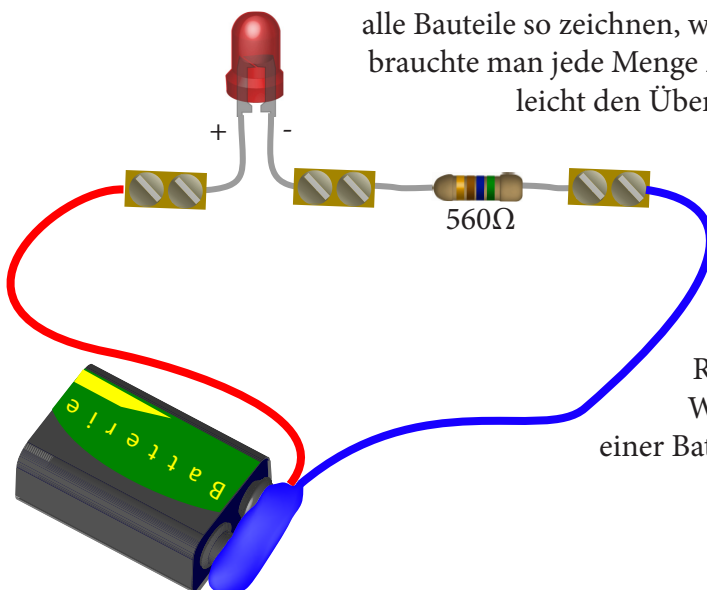
Damit man beim Entwickeln einer Schaltung nicht immer bei Null beginnen muss, werden verschiedene Bestandteile, die oft in Schaltungen benötigt werden, als fertige Bauteile hergestellt.

So lassen sich Schaltungen viel schneller entwickeln und aufbauen. Heutzutage werden die meisten Schaltungen nur noch aus fertigen Bauteilen hergestellt.

## WAS IST EIN SCHALTPLAN?

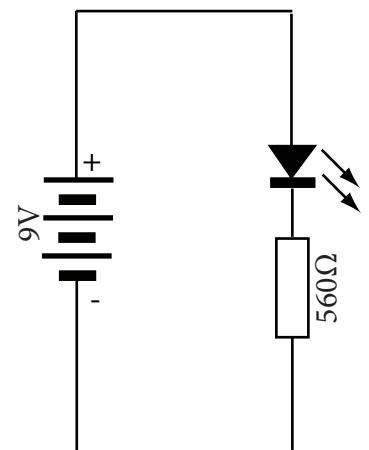
Um große Schaltungen übersichtlich und einfach darzustellen, wurden Schaltbilder für alle Bauteile eingeführt. Ein Schaltbild ist eine vereinfachte, stilisierte und standardisierte Darstellung des Bauteils. Diese Vereinfachungen wurden so gewählt, dass man die elektrischen Zusammenhänge einfacher verstehen und berechnen kann.

Große Schaltpläne können leicht mehrere tausend Bauteile umfassen. Würde man dabei alle Bauteile so zeichnen, wie sie aussehen, brauchte man jede Menge Zeit und würde leicht den Überblick verlieren.



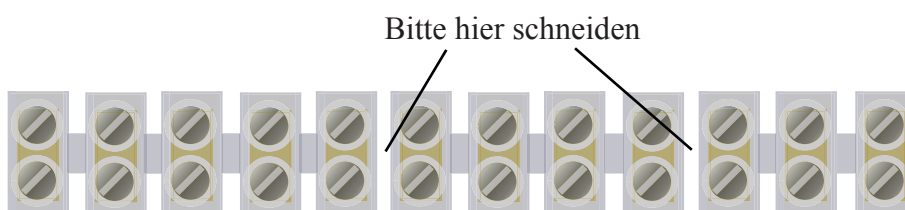
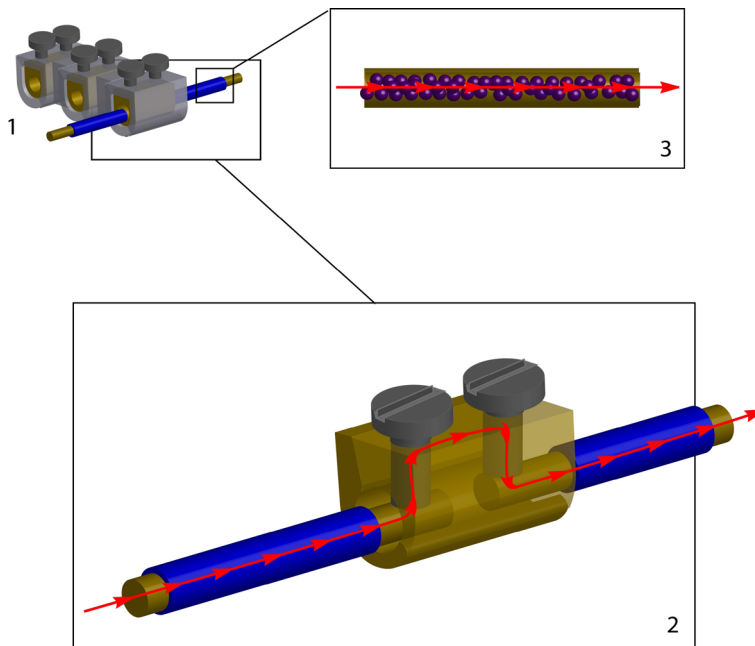
Der Schaltplan am Rande zeigt zum Beispiel eine LED, die in Reihe mit einem Widerstand und einer Batterie geschaltet worden ist.

Beispiel eines Schaltplans



## DER DRAHT

Der Draht ist ein wichtiger Bestandteil einer Schaltung. Seine Aufgabe ist es, die Elektronen von einem Ort der Schaltung zu einem anderen zu leiten. (Bild 3)



## DIE LÜSTERKLEMME

Die Lusterklemme (Bild oben 1) ist an sich nur ein technisches Hilfsmittel beim Bau einer Schaltung. Sie stellt sicher, dass alle Drähte guten Kontakt machen. Bei unseren Experimenten gibt sie der Schaltung zusätzlich mechanische Stabilität.

Sie besteht aus Metallstücken (Leiter), welche die Verbindung zwischen zwei gegenüberliegenden Anschlüssen herstellt und einem Plastikgehäuse (Isolator), das ein direktes Berühren der Metallstücke verhindert. (Bild oben 1 und 2)



## LED - LIGHT EMITTING DIODE

Eine LED (Light Emitting Diode) ist ein Bauteil, das wie eine Glühbirne, elektrische Energie in Licht umwandelt.

Eine Besonderheit der LED ist, daß sie nur dann leuchtet, wenn man sie richtig gepolt (+ an + und - an -) anschließt. Wechselt man + und - an ihren Anschlüssen, so fließt (fast) kein Strom mehr, und sie leuchtet nicht. Dies nennt man die Sperrichtung der LED.

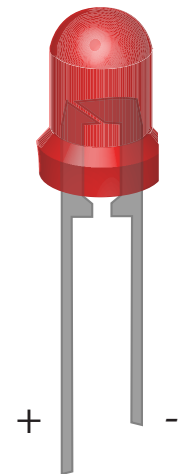
Eine LED braucht nur wenig (0.002-0.025A) Strom zum Leuchten. Dies ist viel weniger als bei Glühbirnen. LEDs brauchen eine Spannung von 1.2-3V in Abhängigkeit von der Farbe. Ist die Spannung höher, gehen sie jedoch kaputt! Um sicherzustellen, dass dies nicht passiert, werden LEDs immer mit einem Widerstand (Siehe Abschnitt *Widerstand*) in Reihe geschaltet, an dem die überflüssige Spannung abfällt.

### LEDs ohne Widerstand zu benutzen kann sie zerstören.

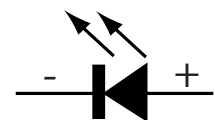
Betrieibt man eine LED mit einer 9V Batterie ist ein Widerstand von 560Ω (grün-blau-braun-gold) nötig, um den Strom auf etwa 14mA zu begrenzen:  $(9V-1.2V)/560\Omega = 0.014A$ .

Die 1.2-3V Spannung, die benötigt wird, damit ein Strom überhaupt fließt und die LED leuchtet, kann man sich wie den Druck vorstellen, den man braucht, um ein Fahrradventil zu öffnen. Erst wenn das Ventil offen ist, kann die Luft hineinfließen. Genauso kann der Strom auch erst dann durch die LED (bei Dioden im allgemeinen) fließen, wenn die Spannung einen gewissen Schwellwert erreicht hat.

Bild einer LED



Schaltbild einer LED



## DIE BATTERIE

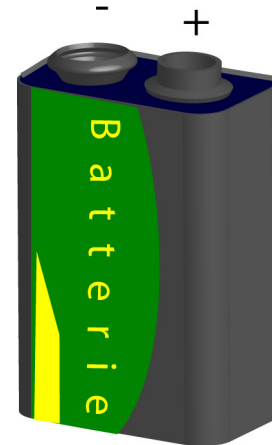
Bei einer Batterie handelt es sich meist um die Kombination zweier unterschiedlicher Metalle, die sich in einer wässrigen Lösung, dem Elektrolyten, befinden. Zwischen den Metallen tritt durch chemische Reaktion eine Spannung auf.

Eine Batterie wandelt chemische Energie in elektrische Energie um.

Die erste brauchbare Batterie ("pila di Volta") wurde von dem italienischen Grafen Alessandro Volta (1745-1827) entwickelt. Nach zahllosen galvanischen Versuchen, konstruierte er eine Volta'sche Säule, bei welcher über sechzig Silber- und Zinkplatten übereinander gestapelt waren.

In einer elektronischen Schaltung hat die Batterie den Zweck, die Elektronen zu liefern. Sie sorgt dafür, dass es am negativen Pol der Batterie immer genügend freie Elektronen gibt, die zum positiven Pol gelangen wollen.

Eine Batterie ist "leer", wenn ihre chemische Energie komplett in elektrische Energie umgewandelt worden ist. Sie kann dann keine Elektronen mehr liefern.



## PRINZIP EINER BATTERIE

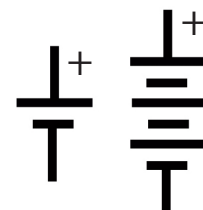
Jedes Metall löst sich mehr oder weniger in Flüssigkeiten und gibt dabei positive Ionen, Atome, an denen Elektronen fehlen, an die Flüssigkeit ab. Die Elektronen bleiben im Metall zurück, das sich negativ auflädt. Die Ionen bleiben jedoch sehr nahe an dem Metall, weil sie zu den Elektronen zurück wollen.

Wieviele Ionen sich in der Flüssigkeit lösen und somit wieviele Elektronen auf dem Metall zurückbleiben, hängt von der Art des Metalls ab.

Bringt man zwei verschiedene Metalle in der gleichen Flüssigkeit an, so wird eines von beiden mehr "kernlose" Elektronen haben.

Verbindet man nun beide Metalle mit einem Draht, so werden die Elektronen von dem Metall mit den meisten "kernlosen" Elektronen über den Draht zu dem Metall mit weniger Elektronen fließen.

Schaltzeichen einer Batterie



Dies sind beides Schaltzeichen für eine Batterie.

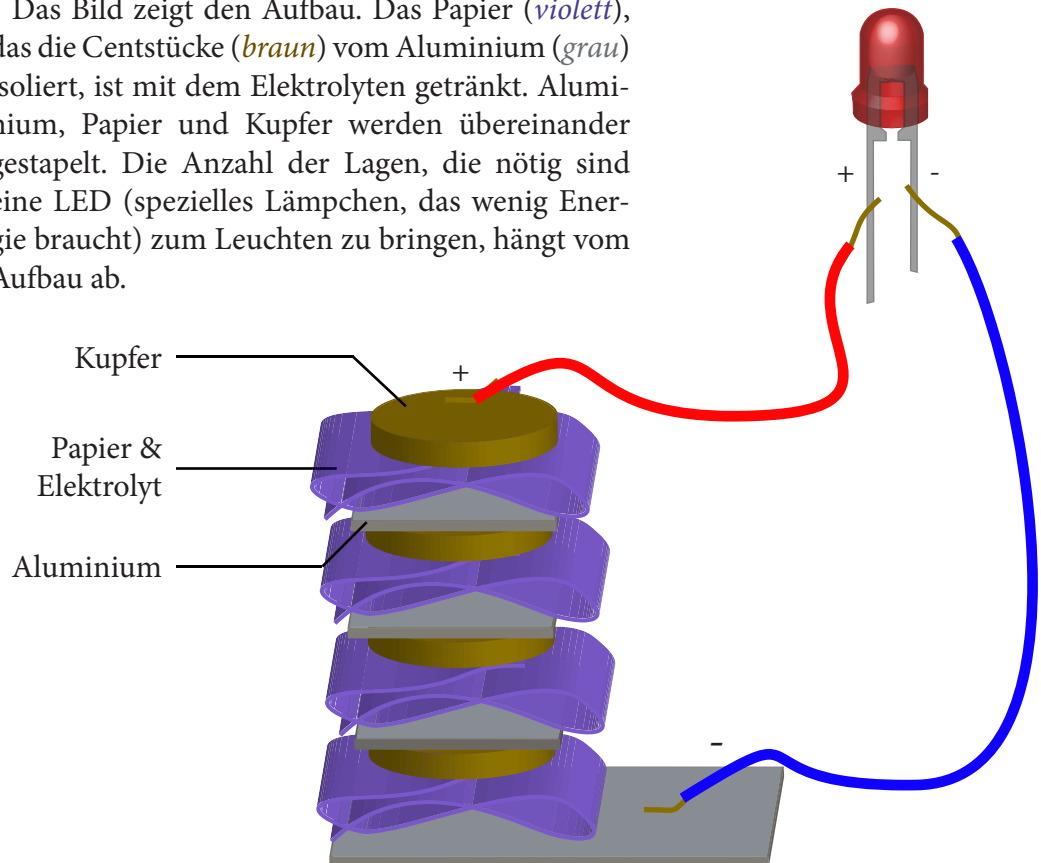
Das linke Zeichen stellt generell eine Batterie dar. Das rechte Zeichen betont, dass es sich hierbei um gestapelte Elemente oder mehrere Batterien handelt. Neben dem Schaltzeichen befinden sich oft noch weitere Angaben über die Batterie wie z.B. ihre Spannung.

## EINE BATTERIE IM EIGENBAU

Eine einfache Batterie kann man auch selbst bauen.

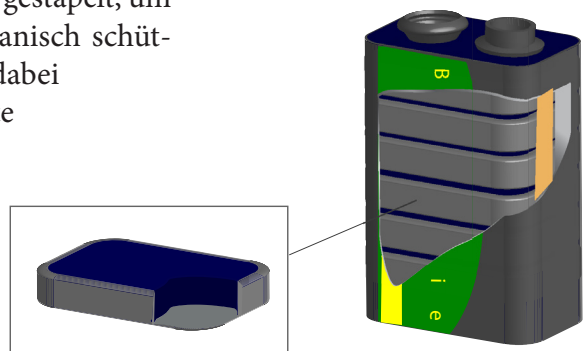
Hierfür braucht man zwei verschiedene Metalle, z.B. Kupfer-Centstücke und Aluminium, etwas Papier, z.B. Küchenpapier, und einen Elektrolyten, z.B. Essig oder Zitronensaft.

Das Bild zeigt den Aufbau. Das Papier (*violett*), das die Centstücke (*braun*) vom Aluminium (*grau*) isoliert, ist mit dem Elektrolyten getränkt. Aluminium, Papier und Kupfer werden übereinander gestapelt. Die Anzahl der Lagen, die nötig sind eine LED (spezielles Lämpchen, das wenig Energie braucht) zum Leuchten zu bringen, hängt vom Aufbau ab.



Die in unseren Versuchen benutzte 9V Batterie besteht genau wie die selbstgebaute Batterie aus vielen Elementen (Zellen). Die Elemente werden in einem Blech- oder Plastikgehäuse gestapelt, um sie besser transportieren und mechanisch schützen zu können. Jedes Element hat dabei eine durch die Metalle bestimmte Spannung (bei Kohle und Zink sind es 1.5 Volt).

In einer 9V werden 6 1.5 Volt Zellen gestapelt:  $6 \cdot 1.5V = 9V$ . Der Strom fließt gleichmäßig durch alle Zellen der Batterie.



## EIN SCHALTKREIS MIT BATTERIE UND LED

Das Bild zeigt eine Schaltung aus einer Batterie, einem Widerstand und einer LED. Der Widerstand schützt die LED dabei vor zu großen Strömen.

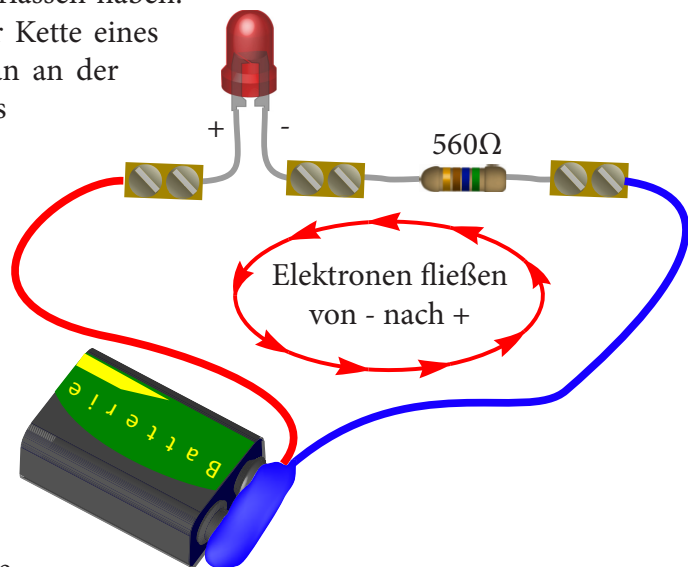
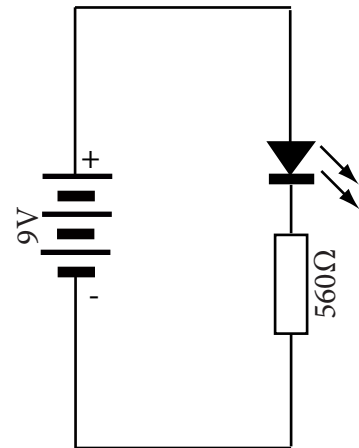
Am Minuspol der Batterie besteht ein Elektronenüberschuss, am Pluspol ein Elektronenmangel. Die Elektronen versuchen, deshalb außerhalb der Batterie vom Minuspol zum Pluspol zu gelangen. Für sie ist der einfachste Weg dafür, durch den blauen Draht, den Widerstand, die LED und den roten Draht zu fließen. Durch die Bewegung der Elektronen wird Energie zur LED geliefert, die daraufhin leuchtet (Energie in Lichtform).

Es wird hier kein Strom „verbraucht“. Die elektrische Energie wird lediglich in Licht umgewandelt. Es kommen genauso viele Elektronen wieder in der Batterie an, wie sie verlassen haben. Man kann die Schaltung mit der Kette eines Fahrrades vergleichen. Dreht man an der Tretkurbel, so dreht sich auch das hintere Rad. Die Kette verändert sich dabei nicht. Genau transportieren die Elektronen die Energie aus der Batterie zur LED.

Die Elektronen, die durch die Schaltung geflossen sind, müssten eigentlich den Mangel am Pluspol ausgleichen, und es gäbe keine Spannung mehr an der Batterie. Dadurch würde auch kein Strom mehr fließen. Damit dies nicht passiert, liefert die Batterie Anionen, durch eine chemischen Reaktion, vom Pluspol zurück zum Minuspol (und Kationen vom Minuspol zum Pluspol). So stehen wieder überschüssige Elektronen am Minuspol zur Verfügung. Die Spannung bleibt bestehen, und es fließt weiterhin Strom.

Eine Besonderheit ist die Festlegung der Stromrichtung: Die technische Stromrichtung ist dem Elektronenfluss entgegengesetzt. Als sie definiert wurde, kannte man den Aufbau der Atome noch nicht und konnte deshalb nicht wissen, in welche Richtung die Elektronen fließen.

LED - Schaltung



Ist eine Batterie „leer“, so hat sie nicht mehr genug chemische Energie, um den Elektronenüberschuss am Minuspol aufrecht zu halten.

## DER WIDERSTAND

**E**in Widerstand ist ein Bauteil, das dem Strom Widerstand leistet. Es bremst sozusagen den Strom.

Legt man eine Spannung an einen Widerstand an, verbindet man ihn z.B. mit einer Batterie, so fließt ein für diesen Widerstand spezifischer Strom.

Das Wort Widerstand hat eine doppelte Bedeutung. Es bezeichnet zuerst das entsprechende elektronische Bauteil. Die Größe *Widerstand* gibt aber auch das „Bremsvermögen“ eines Bauteils an. Kennt man Strom und Widerstand (Größe), so weiß man auch, welche Spannung über diesem Widerstand (Bauteil) abfällt:

$$\text{Spannung über dem Widerstand} = \text{Widerstand} * \text{Strom durch den Widerstand}$$

Vereinfacht kann man sich einen Widerstand als ein Stück Rohr mit einer Verengung vorstellen.

Ein Widerstand besteht meist aus einem Leiter, der jedoch nicht besonders gut leitet, z.B. Kohle oder Graphit. Diese Stoffe haben weniger freie Elektronen als ein Metall. Fließen Elektronen durch den Widerstand, so stoßen sie die ganze Zeit gegen feste vollständige Atome, die ihnen den Weg ver sperren. Der Elektronenfluß wird gebremst.

Fließt Strom durch einen Widerstand, so wird stets auch ein wenig elektrische Energie in Wärme (thermische Energie) umgewandelt. Meist ist der Temperaturunterschied jedoch sehr klein. Eine hohe Temperatur der Bauteile zeigt oft auf einen Fehler in der Schaltung!

## REIHEN- UND PARALLELSCHALTUNG

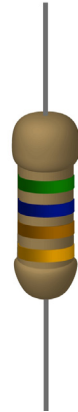
**S**chaltet man zwei Widerstände **in Reihe** hintereinander, so verhalten sie sich wie ein Widerstand, dessen Wert die Summe der beiden Widerstandswerte ist:

$$R = R1 + R2$$

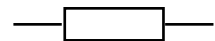
Der Strom wird zu erst am ersten Widerstand gebremst, dann am Zweiten. Legt man eine Spannung an diese Reihe an, so teilt sich die Spannung zwischen den beiden Widerständen auf.

Benutzt man zwei Widerstände **parallel**, so verhalten sie sich wie ein Widerstand, dessen Wert durch folgende Formel berechnet werden kann:

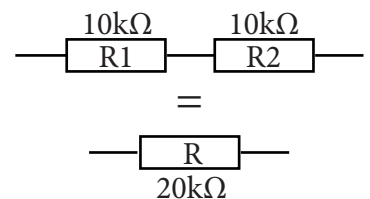
Bild eines Widerstandes



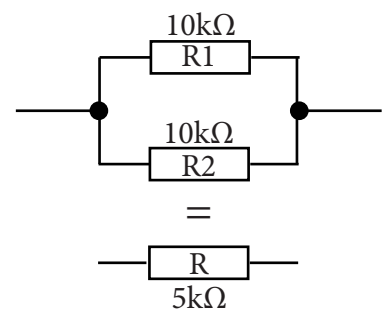
Schaltbild eines Widerstandes



Modell zur Veranschaulichung



Reihenschaltung



Parallelschaltung

$$1/R_1 + 1/R_2 = 1/R$$

Bei gleichen Widerständen halbiert sich der Wert. Strom, welcher hineinfließt, wird auf beide Widerstände aufgeteilt.

## DIE FARBCODES DER WIDERSTÄNDE

Die auf den Widerständen aufgedruckten Farbringe geben Aufschluss über den Wert des Widerstandes.

Der Wert eines Widerstandes wird in Ohm ( $\Omega$ ) angegeben.

Jeder Farbring ist hierbei einer Ziffer gleichgestellt. Der rechte Farbring ist meistens Gold. Man kann ihn benutzen, um die Reihenfolge der Farben herauszufinden. Dieser Ring ist auch öfters weiter abgesetzt. Er gibt die Fabrikationstoleranz an.

Folgende Farbtabelle kann man nutzen um den Wert eines Widerstandes herauszufinden. Die Werte werden von links nach rechts gelesen und aneinander gehängt.

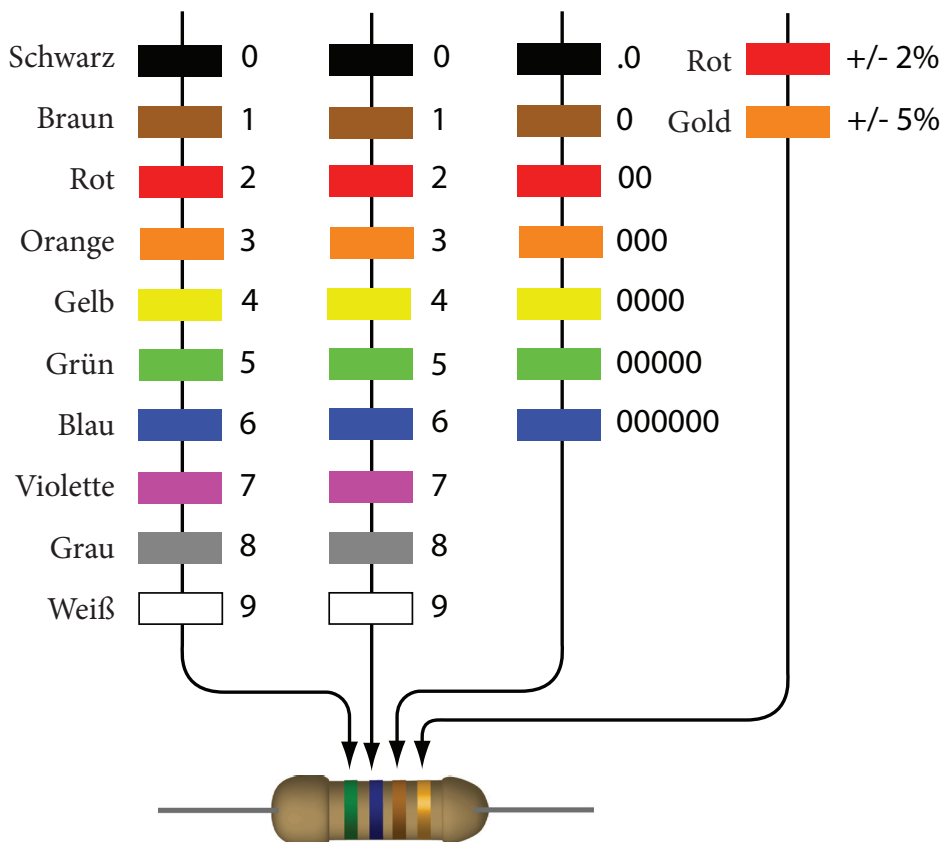
Abkürzungen:

1 $\mu$	0.000001
1 m	0.001
1 k	1000
1 M	1000000

Beispiel:

1 k $\Omega$  = 1000 $\Omega$

1 M $\Omega$  = 1000000 $\Omega$



**Beispiele:**

Grün - Blau - Braun - Gold = 5-6-0  $\Omega$  = 560 $\Omega$

Braun - Schwarz - Orange - Gold = 1-0-000  $\Omega$  = 10k $\Omega$

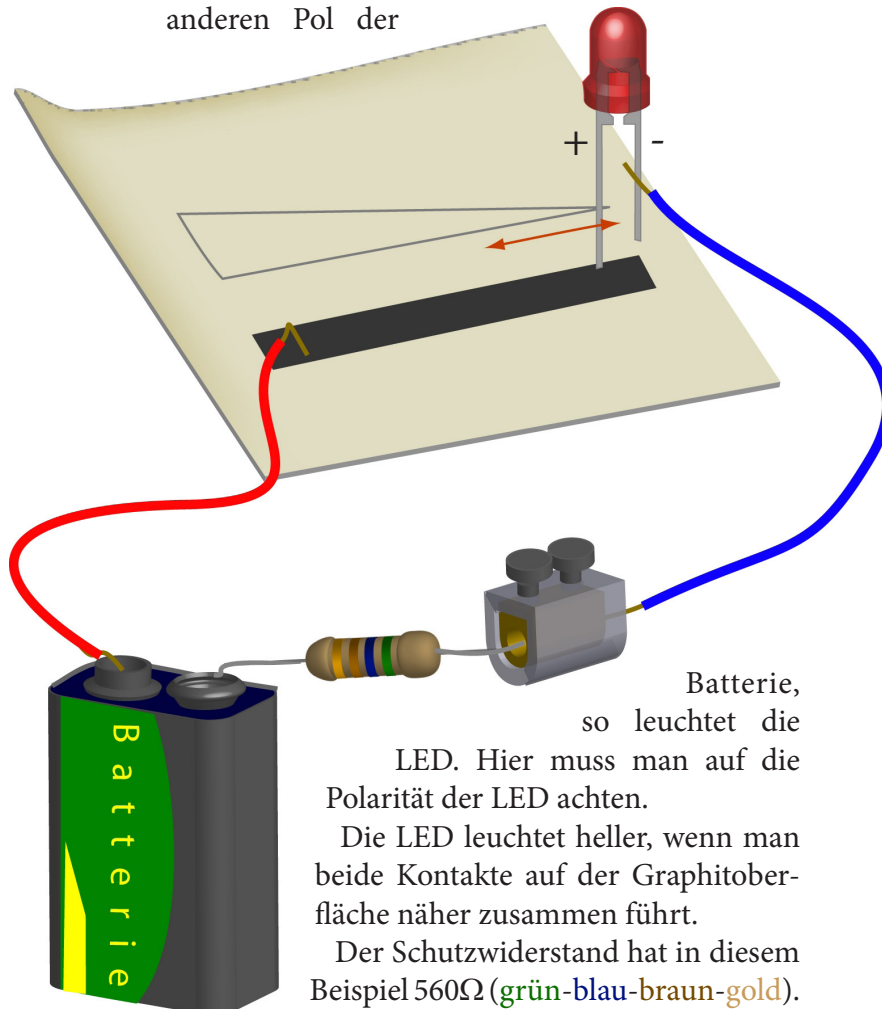
Braun - Schwarz - Gelb - Gold = 1-0-0000  $\Omega$  = 100k $\Omega$

## EINEN WIDERSTAND SELBER BAUEN

Wie wir gesehen haben, besteht ein Widerstand aus einem Material, das zwar leitet, jedoch den Strom beim Fließen stört. Graphit, welches auch für Bleistiftminen benutzt wird, ist hierfür gut geeignet.

Einen Widerstand kann man selber bauen, indem man mit einem weichen Bleistift (z.B. Typ: B) eine Linie von etwa 3-4mm Breite und einigen Zentimeter Länge auf ein Stück Papier zeichnet.

Verbindet man ein Ende, des selbstgebauten Widerstandes, mittels eines Drahtes mit einem Pol der Batterie und das andere Ende über eine LED mit einem Widerstand an dem anderen Pol der



Die LED leuchtet heller, wenn man beide Kontakte auf der Graphitoberfläche näher zusammen führt.

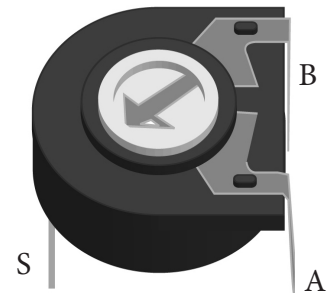
Der Schutzwiderstand hat in diesem Beispiel  $560\Omega$  (grün-blau-braun-gold). Seine Aufgabe ist es zu verhindern daß die LED zerstört wird, wenn der selbstgebaute Widerstand zu gut leitet oder beide Drähte mit einander in Kontakt kommen.

## DER TRIMMER

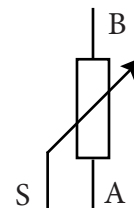
Ein Trimmer kann man sich wie zwei Widerstände vorstellen, deren Werte man durch Drehen verändern kann. Dies ist ähnlich wie bei dem selbstgebauten Widerstand aus dem vorherigen Versuch.

Ein Trimmer wird benutzt, wenn man die Werte der Widerstände beim Entwickeln einer Schaltung noch nicht kennt, oder diese vom Benutzer geändert werden sollen. Eine solche Anwendung des Trimmers ist zum Beispiel die Lautstärkeregelung an einem Radio oder Fernseher.

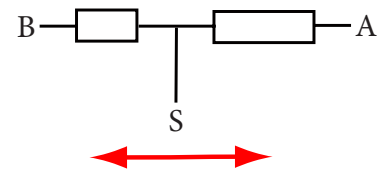
Dreht man am Trimmer, so nimmt einer der beiden Widerstände (z.B. S-A) zu, der Andere (S-B) ab. Der Gesamtwiderstand ist stets konstant und steht meistens auf dem Gehäuse.



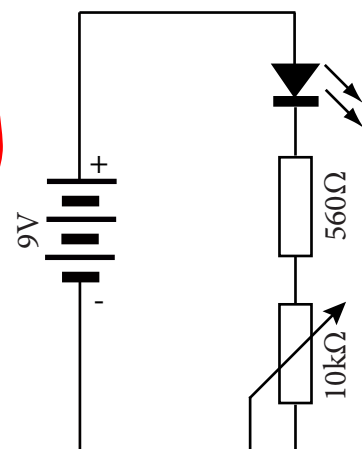
Schaltbild



Ersatzschaltbild



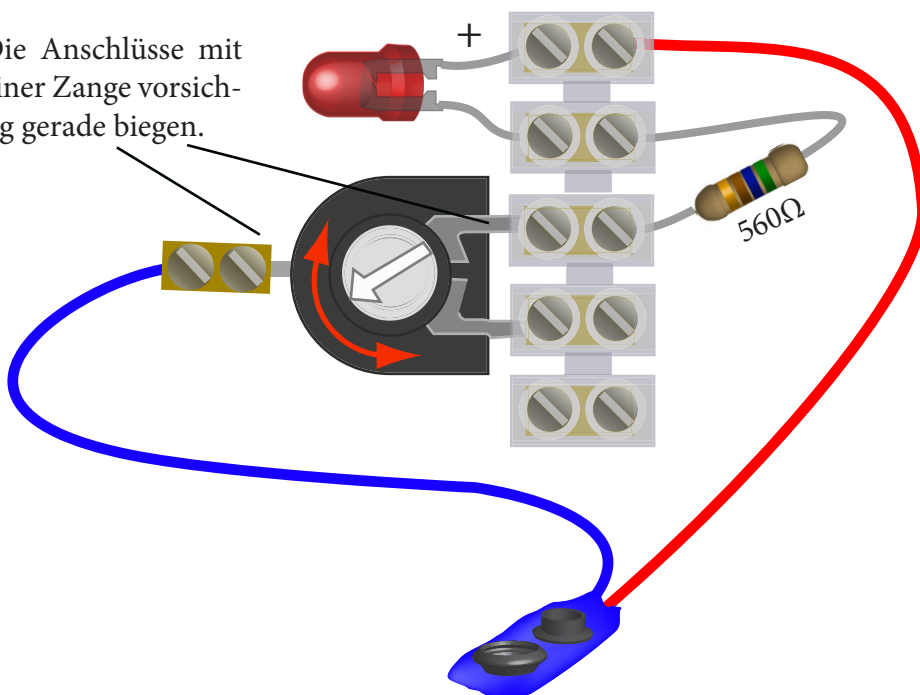
Schema der Schaltung



## LED MIT EINSTELLBARER HELLIGKEIT

Folgendes Bild zeigt eine Schaltung zum Verstellen der Helligkeit einer LED. Die Elektronen, die auf dem Weg vom Minuspol zum Pluspol der Batterie, durch den Trimmer fließen, werden je nach Einstellung des Trimmers mehr oder weniger behindert. Derselbe Strom durchfließt auch die LED, worauf hin diese mehr oder weniger hell leuchtet. Die Reihenfolge der Bauteile ist bei dieser Schaltung egal. Die Polarität (Einbaurichtung) der LED muss aber berücksichtigt werden.

Die Anschlüsse mit einer Zange vorsichtig gerade biegen.

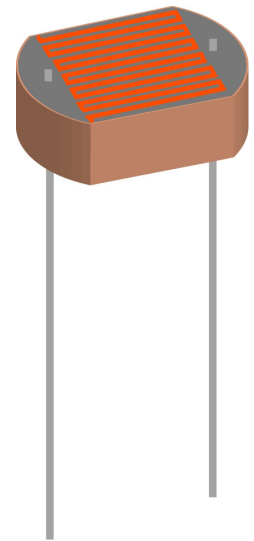




## DER FOTOWIDERSTAND - LDR

**E**in Fotowiderstand ist ein Widerstand, dessen Wert sich abhängig vom Licht, das auf seine Oberfläche trifft, ändert. Je mehr Licht auf ihn trifft, desto kleiner ist sein Widerstand.

Der Fotowiderstand ist nur für sehr kleine Ströme geeignet. Ist der Strom zu hoch, wird der Fotowiderstand warm und kann kaputt gehen. Will man größere Ströme mit ihm steuern, so kann man, wie wir später sehen werden, einen sogenannten Transistor als Verstärker benutzen.



## LED MIT FOTOWIDERSTAND GESTEUERT

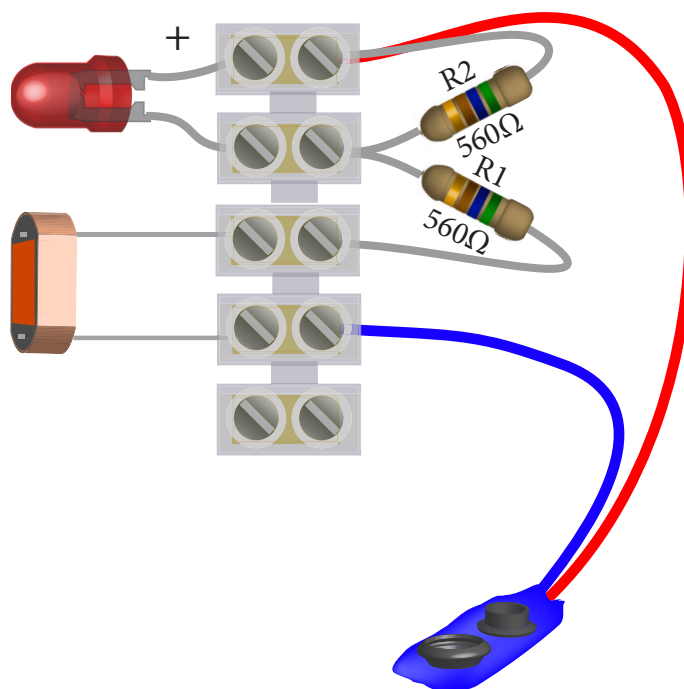
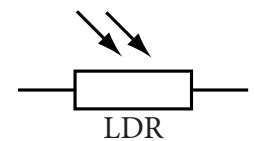
Folgendes Bild zeigt eine Schaltung, bei der die Helligkeit einer LED vom Lichteinfall auf einen Fotowiderstand abhängt.

Je mehr Licht auf den Fotowiderstand fällt, desto heller leuchtet auch die LED.

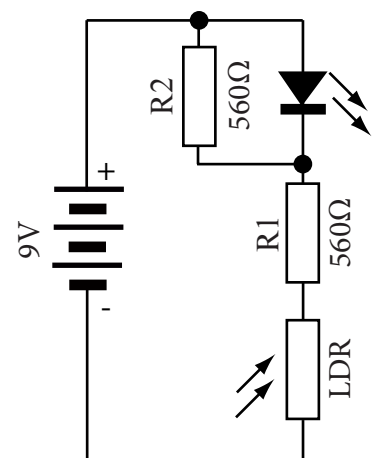
Der Widerstand R1 schützt in der Schaltung die LED und den Fotowiderstand vor zu grossen Strömen. Der Widerstand R2 stellt den Arbeitspunkt der Schaltung ein - er legt also fest ab welcher Helligkeit die LED leuchtet.

Die Polarität der LED muss berücksichtigt werden. Das längere Bein ist mit einem + markiert.

Schaltbild



Schema der Schaltung



## DER KONDENSATOR

**E**in Kondensator (von lateinisch condensare, „verdichten“) ist ein kleiner Energiespeicher. Wie ein Akkumulator kann er eine bestimmte Menge Energie aufnehmen und bei Bedarf wieder abgeben. Die Energie, die ein Kondensator aufnimmt, ist jedoch meist viel kleiner als die eines Akkumulators.

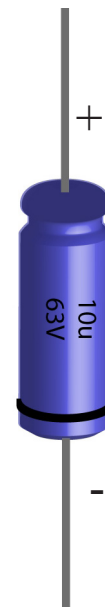
Ein Kondensator besteht in der einfachsten Bauform lediglich aus zwei leitenden Platten, zum Beispiel aus Metall, die sich in einem geringen Abstand parallel gegenüberstehen. Zwischen den Platten befindet sich ein Isolator, zum Beispiel Luft. Dieser Isolator wird beim Kondensator auch als Dielektrikum bezeichnet.

Verbindet man einen Kondensator mit einer Batterie, so laden die Platten sich wie der Luftballon von Seite 3 auf und speichern dabei Energie.

Kondensatoren werden vielseitig eingesetzt zum Beispiel, wenn man kurzzeitig Energie braucht, um Stromschwankungen in einem Netzteil auszuglätten oder um Schaltungen zu entwickeln, die nach einer bestimmten Zeit an- oder ausgehen (Zeitschalter).

**Beim Anschließen eines Elektrolyt-Kondensators muss man auf die Polarität achten. Man muss aufpassen, an welche Seite + oder - kommt. Andernfalls kann der Kondensator kaputt gehen und sogar **explodieren!****

Meist ist der negative Pol des Kondensators mit einem Minuszeichen oder einem schwarzen Ring (Strich) markiert.



Schaltbild



## LADEN UND ENTLADEN EINES KONDENSATORS

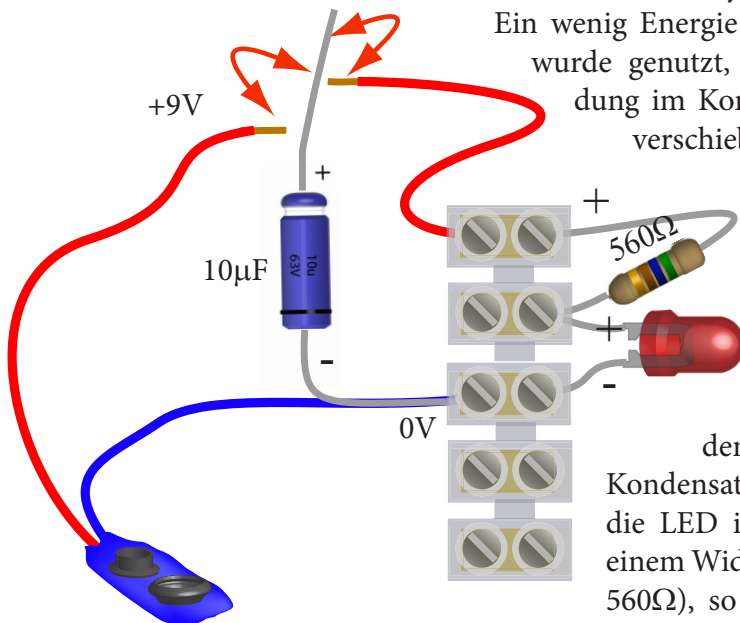
Das folgende Experiment zeigt, dass ein Kondensator ein wenig Energie speichern und später wieder zu Verfügung stellen kann.

### Schritt 1:

Hält man den + Pol des Kondensator an den + Pol der Batterie und den - Pol (schwarzer Ring) des Kondensators an den - Pol der Batterie, so fließt kurzzeitig ein Strom, bis der Kondensator die gleiche Spannung hat wie die Batterie.

#### Der Kondensator ist jetzt geladen.

Ein wenig Energie der Batterie wurde genutzt, um die Ladung im Kondensator zu verschieben.



### Schritt 2:

Hält man den geladenen Kondensator nun an die LED in Reihe mit einem Widerstand (z.B.  $560\Omega$ ), so leuchtet die LED kurz auf.

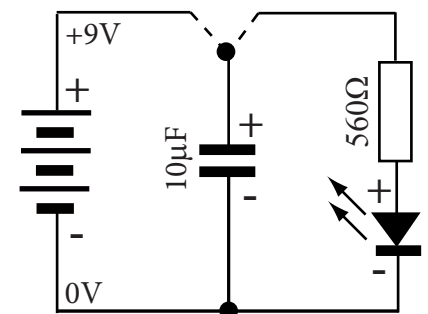
#### Der Kondensator ist jetzt wieder entladen.

Die in ihm enthaltene Energie wurde in Licht umgewandelt, und die Ladungen sind nun im Kondensator wieder ausgeglichen.

Wiederholt man den Versuch, nimmt aber in Schritt 2 einen größeren Widerstand (z.B.  $10k\Omega$ ) so leuchtet die LED zwar schwächer, dafür aber länger! Auch beim Laden verändert ein Widerstand in Reihe (nicht eingezeichnet) zwischen Batterie und Kondensator die Zeit, die der Kondensator braucht, um die gleiche Spannung zu bekommen wie die Batterie, da der Widerstand den Stromfluß begrenzt.

Dieses Verhalten wird von Elektronikern zur Zeitmessung benutzt. Man wartet bis der Kondensator eine bestimmte Spannung erreicht hat und schaltet dann. (Siehe hierfür den Versuch „Prinzip einer Treppenhausbeleuchtung“)

Schema der Schaltung



## DER TRANSISTOR

Ein Transistor ist ein Halbleiterbauelement, das ein Signal verstärken kann.

Einige Bauteile, wie zum Beispiel Fotowiderstände, vertragen nur sehr kleine Ströme. Fließt ein größerer Strom durch sie hindurch, werden sie warm und gehen kaputt. Damit man diese Bauteile aber auch benutzen kann, um größere Lasten steuern zu können, muss man ihr Signal verstärken.

Der Transistor kann zum Schalten und Verstärken von elektrischen Signalen benutzt werden. Er ist zum Beispiel das verstärkende Bauteil in vielen HiFi-Anlagen. Der Transistor ist auch Hauptbestandteil eines Computerchips. Ein 80486 Prozessor besteht etwa aus 100 Millionen Transistoren auf einer Fläche von 2.5x2.5mm.

Ein Transistor hat drei Anschlüsse: die **Basis** (*B*), den **Emitter** (*E*) und den **Kollektor** (*C*).

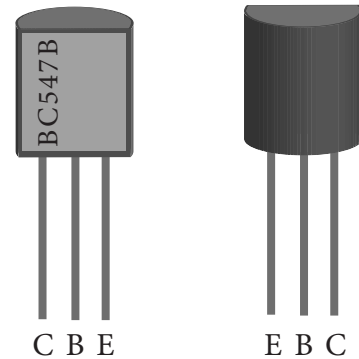
Die **Basis** dient zur Steuerung des Stromflusses (Verstärkung) von Kollektor zum Emitter.

Der **Emitter** ist ein gemeinsamer Anschluss. Ströme, die in Basis oder Kollektor hineinfließen, kommen im Emitter wieder heraus. Die andere Richtung funktioniert jedoch nicht (wie bei der LED).

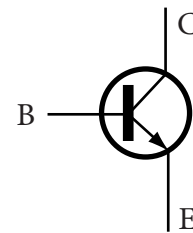
Beim vorhin erwähnten Trimmer kann man durch Drehen den Wert des Widerstands verändern. Der Strom, der durch ihn fließt, verändert sich demnach auch. Der Transistor hat eine ähnliche Funktion mit der Ausnahme, dass der Wert nicht durch mechanisches Drehen, sondern vielmehr durch Verändern eines Steuerstroms, welcher durch die Basis *B* fließt, eingestellt werden kann.

Der Transistor überwacht sozusagen den Strom, der von der Basis zum Emitter fließt, und stellt dann den Strom, der vom Kollektor zum Emitter fließt, ein.

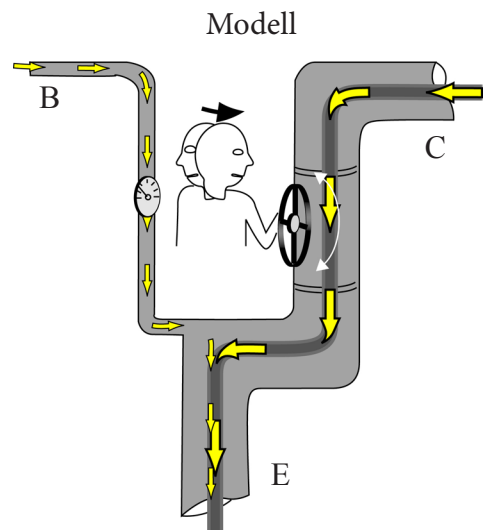
Der Transistor hat, genau wie die LED, eine Art „Ventileffekt“. Damit ein Strom von der Basis zum Emitter fließen kann, muss zuerst eine Spannung (Druck beim Ventil) von etwa 0.7V zwischen Basis und Emitter anliegen.



Schaltbild - NPN Transistor (BC547B)



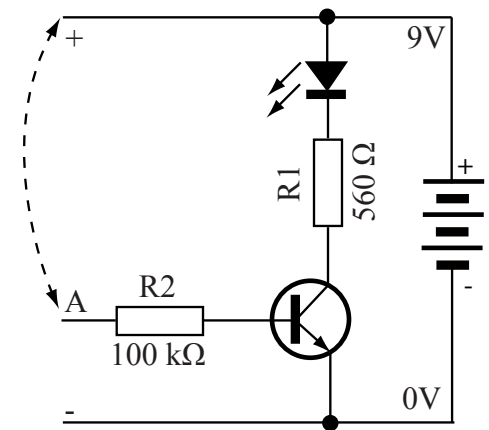
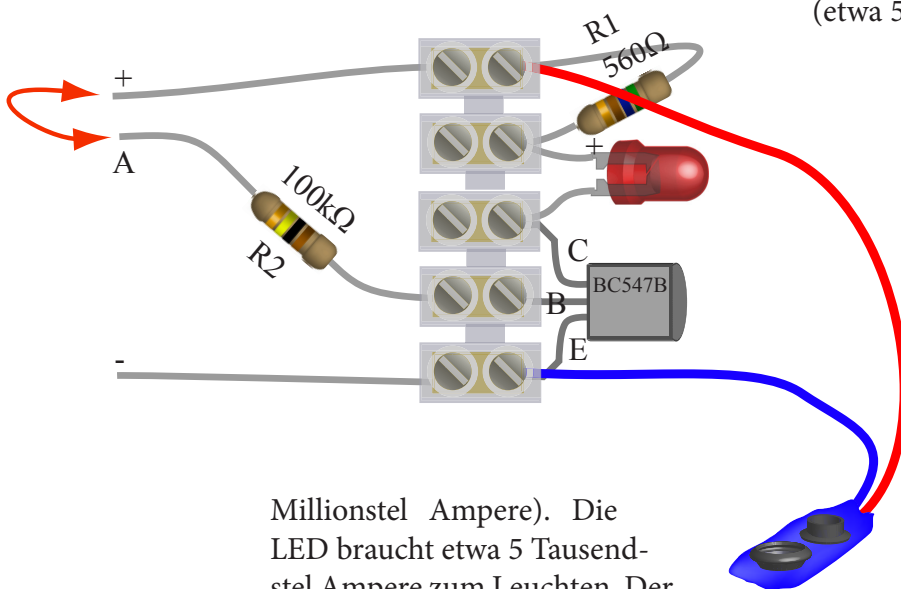
Name	Abkürzung
Emitter	E
Basis	B
Kollektor	C



## TRANSISTORSCHALTUNG

Das Schema zeigt eine einfache Transistorschaltung, eine sogenannte Emitterschaltung. Diese Schaltung ist die Basis für viele weitere Schaltungen und demonstriert die Verstärkung des Transistors bereits sehr gut.

Faßt man bei dem folgenden Versuch mit angefeuchteten (wegen der besseren Leitfähigkeit) Fingern sowohl den Punkt A als auch + gleichzeitig an so leuchtet die LED. Dies ist vollkommen ungefährlich, da der Strom, der dabei durch den Finger fließt sehr klein ist (etwa 5



Millionstel Ampere). Die LED braucht etwa 5 Tausendstel Ampere zum Leuchten. Der Transistor verstärkt also etwa um den Faktor 1000.

Der Strom läuft vom + Pol durch den Finger (großer Widerstand) zum Punkt A, von dort durch den (Schutz-) Widerstand R2, über die Basis in den Transistor hinein, kommt am Emitter wieder heraus und läuft zur Batterie zurück.

Der Transistor merkt den Strom, der von der Basis zum Emitter läuft, und lässt darauf hin vom Kollektor zum Emitter einen Strom fließen, der etwa 1000 mal stärker ist als der Basis-Emitter Strom.

Widerstand R2 schützt in der Schaltung die Basis; würde man sie beim Experimentieren sofort an 9V anschließen würde der Transistor kaputt gehen! Der Widerstand R1 schützt die LED und begrenzt den Strom durch die LED auf etwa 14mA.

## PRINZIP EINER TREPPENHAUSBELEUCHTUNG

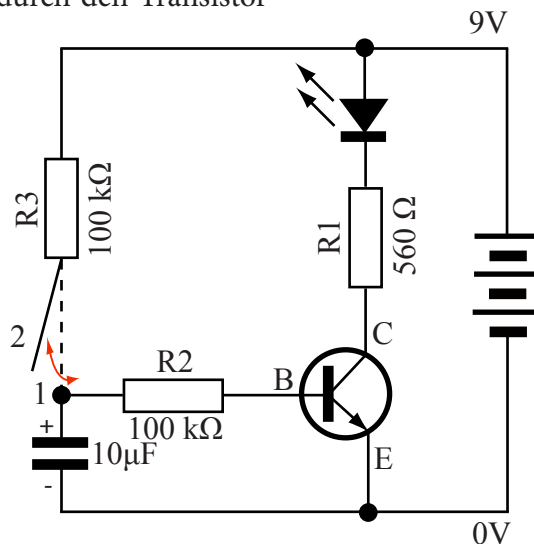
Diese Schaltung demonstriert das Prinzip einer Treppenhausbeleuchtung. Verbindet man den Widerstand  $R3$  mit dem Kondensator (Punkt 1 und 2), so fängt die LED an zu leuchten. Entfernt man den Draht wieder, so leuchtet die LED noch einige Sekunden weiter.

### LADEN DES KONDENSATORS

Verbindet man den Widerstand  $R3$  mit dem ungeladenen Kondensator, so lädt sich dieser langsam auf. Der Widerstand bremst hierbei den Stromfluss; verwendet man einen kleineren Widerstand so lädt der Kondensator sich schneller auf.

Der Widerstand  $R2$  wandelt den Spannungsunterschied zwischen dem Kondensator und der Basis ( $B$ ) in einen Strom um, der dann durch den Transistor zum - Pol der Batterie abfließt. Dies passiert, sobald die Spannung am Kondensator höher als die der Basis ( $0.7V$ ) ist.

Der Transistor merkt dies und lässt daraufhin einen Strom vom Kollektor ( $C$ ) zum Emitter ( $E$ ) fließen. Da der Strom, der durch den Kollektor des Transistors fließt auch durch den Widerstand ( $R1$ ) und die LED fließen muss, wird diese daraufhin leuchten.

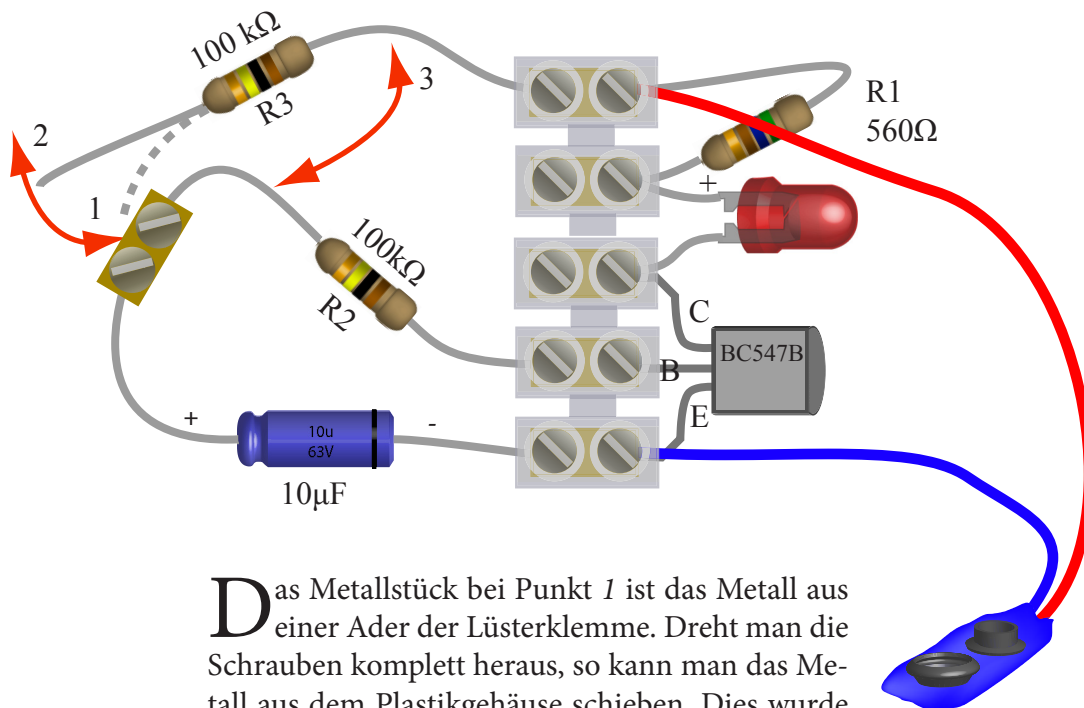


### ENTLADEN DES KONDENSATORS

Entfernt man den Draht des Widerstandes  $R3$  vom Kondensator, so fließt die Ladung aus dem Kondensator durch den Widerstand  $R2$  und den Transistor ab. Der Kondensator entlädt sich allmählich. Der Widerstand  $R2$  bremst den Strom und gibt damit an, wie lange der Kondensator zum Entladen braucht.

Sobald die Spannung am Kondensator kleiner als  $0.7V$  ist, fließt kein Strom mehr in die Basis des Transistors, der daraufhin die  $C-E$  Strecke hochohmiger einstellt. Es fließt demnach weniger Strom durch den Widerstand  $R1$  und die LED hört auf zu leuchten.

VORSCHLAG FÜR DEN PRAKTISCHEN AUFBAU



Das Metallstück bei Punkt 1 ist das Metall aus einer Ader der Lüsterklemme. Dreht man die Schrauben komplett heraus, so kann man das Metall aus dem Plastikgehäuse schieben. Dies wurde hier der Übersicht halber gemacht. Natürlich kann man die Drähte auch bis zu einer freien Ader der Lüsterklemme biegen.

- Drückt man den Draht von R3 (Punkt 2) gegen das Metall der Lüsterklemme an Punkt 1, so lädt sich der Kondensator langsam auf und die LED leuchtet.

- Entfernt man den Draht wieder, so entlädt sich der Kondensator. Fällt die Spannung am Kondensator unter 0.7V, so erlischt die LED.

## LED LEUCHTET BEI HELLIGKEIT

Die folgende Schaltung lässt eine LED bei Helligkeit leuchten.

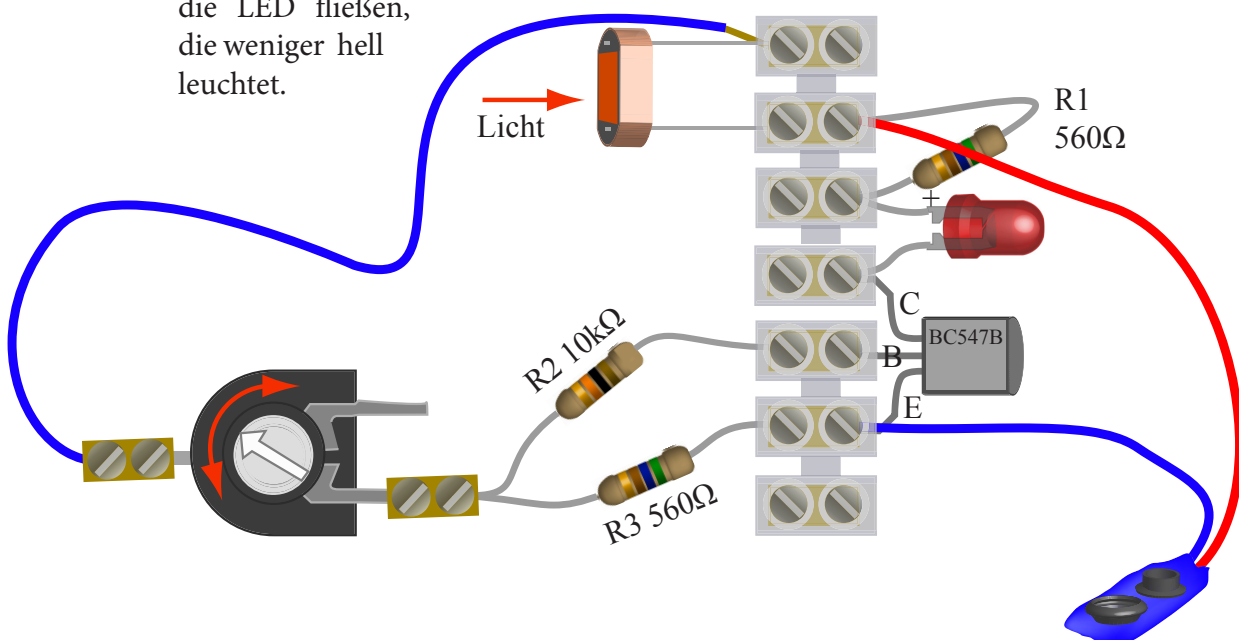
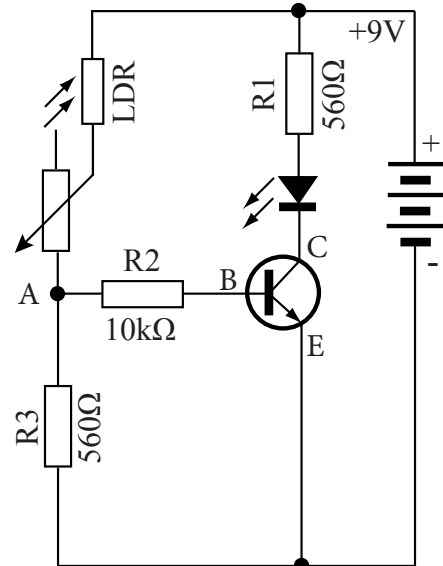
Je heller es ist, desto kleiner ist der Wert des Fotowiderstandes. Der Trimmer kann hierbei benutzt werden, um die Helligkeit, die nötig ist, damit die LED leuchtet, einzustellen.

Ein Teil des Stromes fließt von der Batterie durch den Fotowiderstand, den Trimmer und den  $560\Omega$  Widerstand ( $R3$ ) zurück zur Batterie. Fällt Licht auf den Fotowiderstand, so fließt der Strom fast ungehindert durch ihn hindurch. Weniger Widerstand zwischen dem Pluspol und dem Punkt A bedeutet auch, dass noch mehr Spannung zwischen dem Punkt A und dem Minuspol der Batterie übrig ist, da weniger Spannung am Fotowiderstand abgefallen ist.

Eine höhere Spannung zwischen dem Punkt A und dem Minuspol der Batterie bedeutet auch, dass mehr Strom durch den  $10k\Omega$  Widerstand ( $R2$ ) über die Basis zum Transistor gelangt. Der Transistor merkt dies und stellt die Kollektor-Emitterstrecke daraufhin niederohmiger ein. So fließt jetzt mehr Strom durch die LED, die daraufhin heller leuchtet.

Ist es jedoch dunkel, so hat der Fotowiderstand einen größeren Wert. Der Strom wird gebremst, und die Spannung zwischen Punkt A und dem Minuspol ist kleiner. Der Transistor lässt daraufhin weniger Strom durch die LED fließen, die weniger hell leuchtet.

Schema der Schaltung





## LED LEUCHTET BEI DUNKELHEIT

Die folgende Schaltung lässt eine LED bei Dunkelheit leuchten.

Je dunkler es ist, desto größer ist der Wert des Fotowiderstandes. Der Trimmer kann hierbei benutzt werden, um einzustellen, wie Dunkel es sein muss, damit die LED leuchtet.

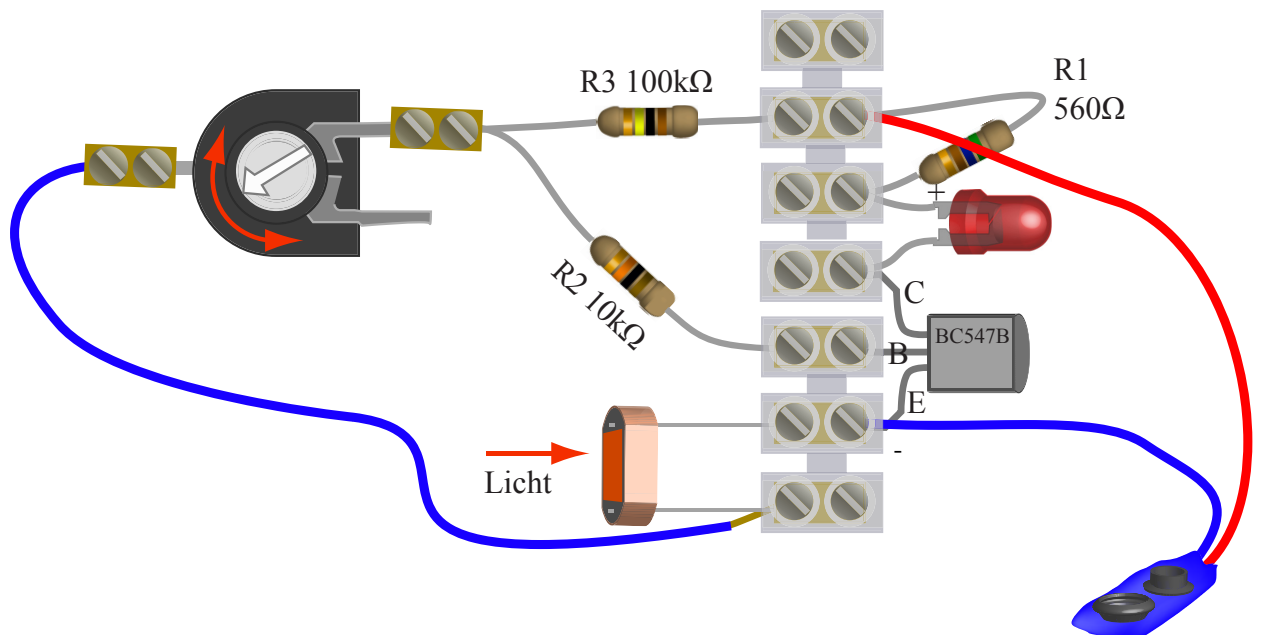
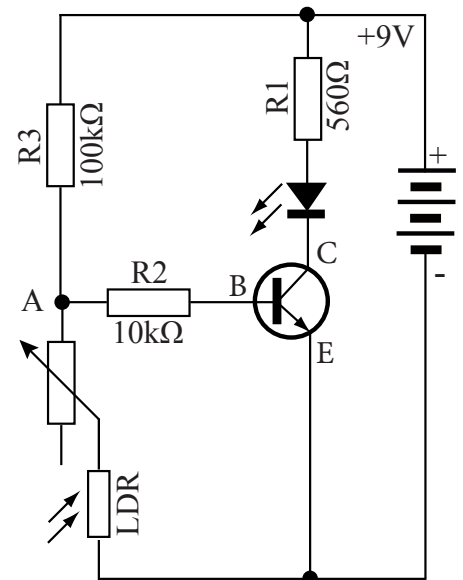
Ein Teil des Stromes fließt von der Batterie durch den 100kΩ Widerstand (R3), den Trimmer und den Fotowiderstand zurück zur Batterie. Fällt Licht auf den Fotowiderstand, so fließt der Strom fast ungehindert durch ihn hindurch.

Je heller es ist, desto kleiner ist der Wert des Fotowiderstandes. Der Strom fließt also bevorzugt durch den Fotowiderstand zurück zur Batterie. So ist die Spannung zwischen Punkt A und dem Minuspol dann kleiner, und es gelangt nur noch wenig Strom durch den 10kΩ Widerstand (R2) über die Basis zum Transistor.

Der Transistor merkt dies und stellt die Kollektor-Emitterstrecke daraufhin hochohmiger ein. So fließt jetzt weniger Strom durch die LED, die daraufhin dunkler wird.

Ist es dunkel, so hat der Fotowiderstand einen größeren Wert, und es fällt eine höhere Spannung an ihm ab. Die Spannung zwischen Punkt A und dem Minuspol ist also größer, und es fließt demnach auch mehr Strom zur Basis des Transistors. Daraufhin wird er niederohmiger, und die LED leuchtet heller.

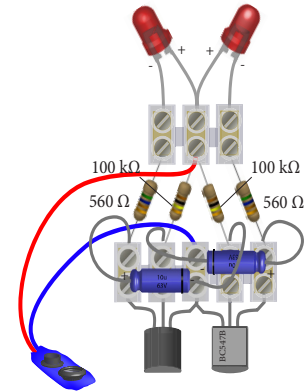
Schema der Schaltung



## ZWEI BLINKENDE LEDs

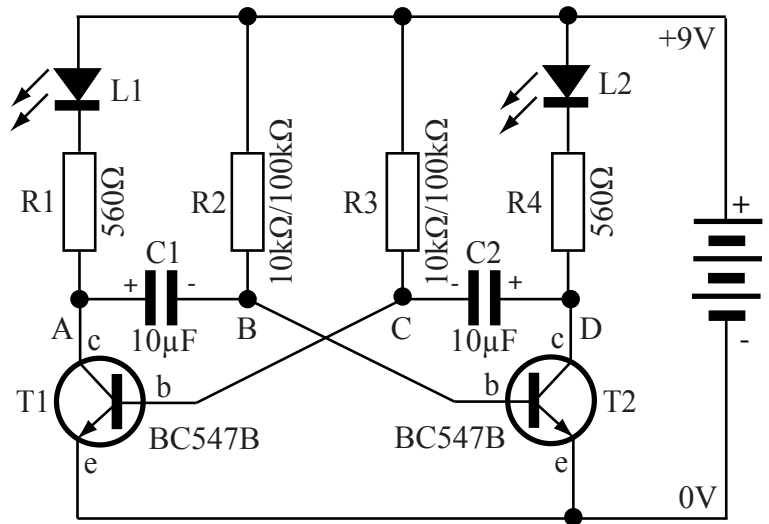
Schaltungen, die periodische Signale erzeugen, sind die Basis der meisten elektronischen Apparate. Ohne sie könnte kein Handy oder Rechner funktionieren. Die hier vorgestellte Schaltung gehört zu der Familie der astabilen Multivibratoren (auch astabile Kippstufe genannt). Sie hat zwei Zustände, *LED1-an-LED2-aus* und *LED1-aus-LED2-an*, zwischen denen sie selbstständig hin und her schaltet.

Die Beschreibung der Schaltung erfolgt in zwei Schritten. Bei jedem Schritt leuchtet eine andere LED.



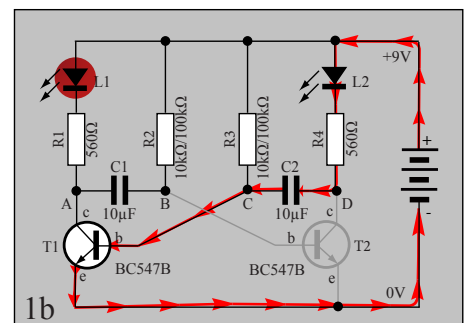
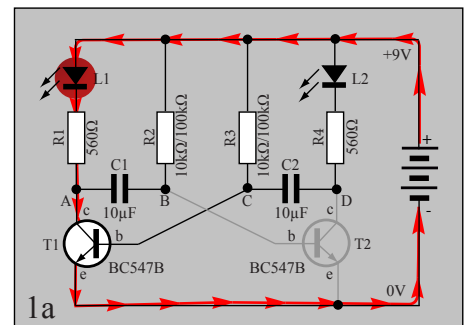
### Schritt 1:

**1a)** Transistor *T1* leitet gerade. Man kann sich demnach anstelle des Transistors einen Draht zwischen Kollektor (*c*) und Emitter (*e*) vorstellen. Es fließt ein Strom vom Kollektor zum Emitter. Der gleiche Strom muss auch durch die LED *L1* fließen, die daraufhin leuchtet. Der Transistor *T2* leitet nicht. Man kann ihn gedanklich aus der Schaltung entfernen.

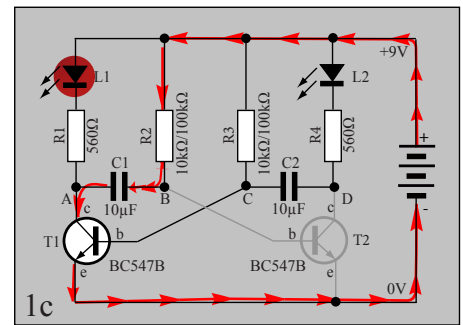


**1b)** Der Kondensator *C2* lädt sich in der Zwischenzeit auf. Der Punkt *C* des Kondensators liegt fast am gleichen Potential wie der Minuspol der Batterie. Zwischen der Basis und Emitter des Transistors *T1* sind 0.7V, demnach hat auch Punkt *C* eine Spannung von 0.7V gegenüber dem Minuspol (0V) der Batterie. Solange wie er lädt, fließt ein Strom durch die LED *L2*. Dies geht aber recht schnell, da der Kondensator über einen kleinen Widerstand (560Ω) geladen wird.

Sobald der Kondensator sich auf die gleiche Spannung wie die Batterie aufgeladen hat, fließt kein weiterer Strom mehr. Die LED *L2* leuchtet demnach auch nicht mehr.

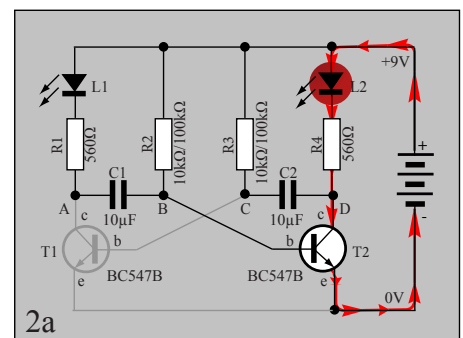


- 1c) Zur gleichen Zeit entlädt sich der zuvor geladene Kondensator  $C1$  über den Widerstand  $R2$ . Man beachte hier, dass der Punkt  $B$  negativ zu  $A$  ist. Demnach ist er auch negativ gegenüber dem Minuspol (0V) der Batterie. Punkt  $B$  wird nun also immer positiver.

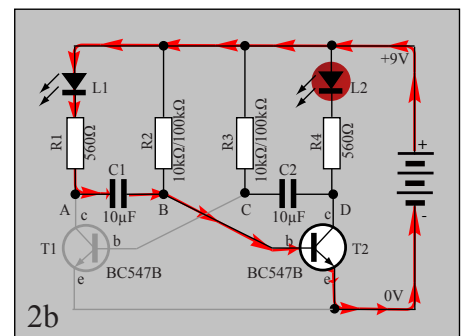


### Schritt 2:

- 2a) Weil der Punkt  $B$  immer positiver wird, wird auch die Basis des Transistors  $T2$  zunehmend positiver. Ab dem Moment, wo die Spannung  $0.7V$  erreicht hat, fängt  $T2$  an zu leiten. Er schaltet also die Strecke zwischen Emittor und Kollektor durch. Man kann ihn sich also als ein Stück Draht vorstellen, und es fließt Strom vom Kollektor zum Emittor. Dieser Strom fließt auch durch die LED  $L2$ . Sie leuchtet.

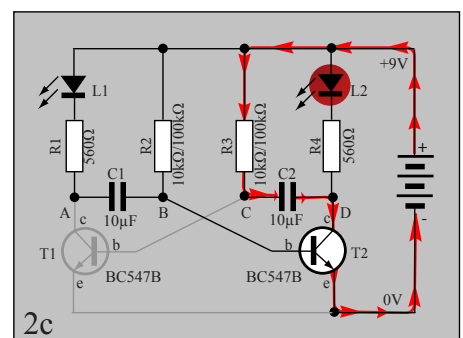


Da der Kondensator  $C2$  beim Schritt 1 aufgeladen worden war, ist der Punkt  $D$  positiv gegenüber  $C$ . Weil der Transistor  $T2$  nun schaltet, wird der positive Punkt des Kondensators dem Minuspol der Batterie gleichgestellt und der negative Punkt ( $C$ ) des Kondensators ist nun also negativ gegenüber dem Minuspol (0V) der Batterie! Da dieser Punkt auch mit der Basis von Transistor  $T1$  verbunden ist, hört er auf zu leiten. Man kann ihn also gedanklich aus der Schaltung entfernen.



- 2b) Der Kondensator  $C1$  lädt sich nun wieder auf, bis er die gleiche Spannung wie die Batterie hat. Dies geht recht schnell, da der Widerstand  $R1$  nur  $560\Omega$  hat.

- 2c) Der zuvor geladene Kondensator  $C2$  entlädt sich über den Widerstand  $R3$ . Der Punkt  $C$ , der momentan negativ gegenüber dem Minuspol (0V) ist, wird nun langsam wieder positiver. Sobald er den Schwellwert ( $0.7V$ ) des Transistors  $T1$  erreicht hat, schaltet dieser durch und der Ablauf wiederholt sich, wie bei Schritt 1 beschrieben.



VORSCHLAG FÜR DEN PRAKTISCHEN AUFBAU

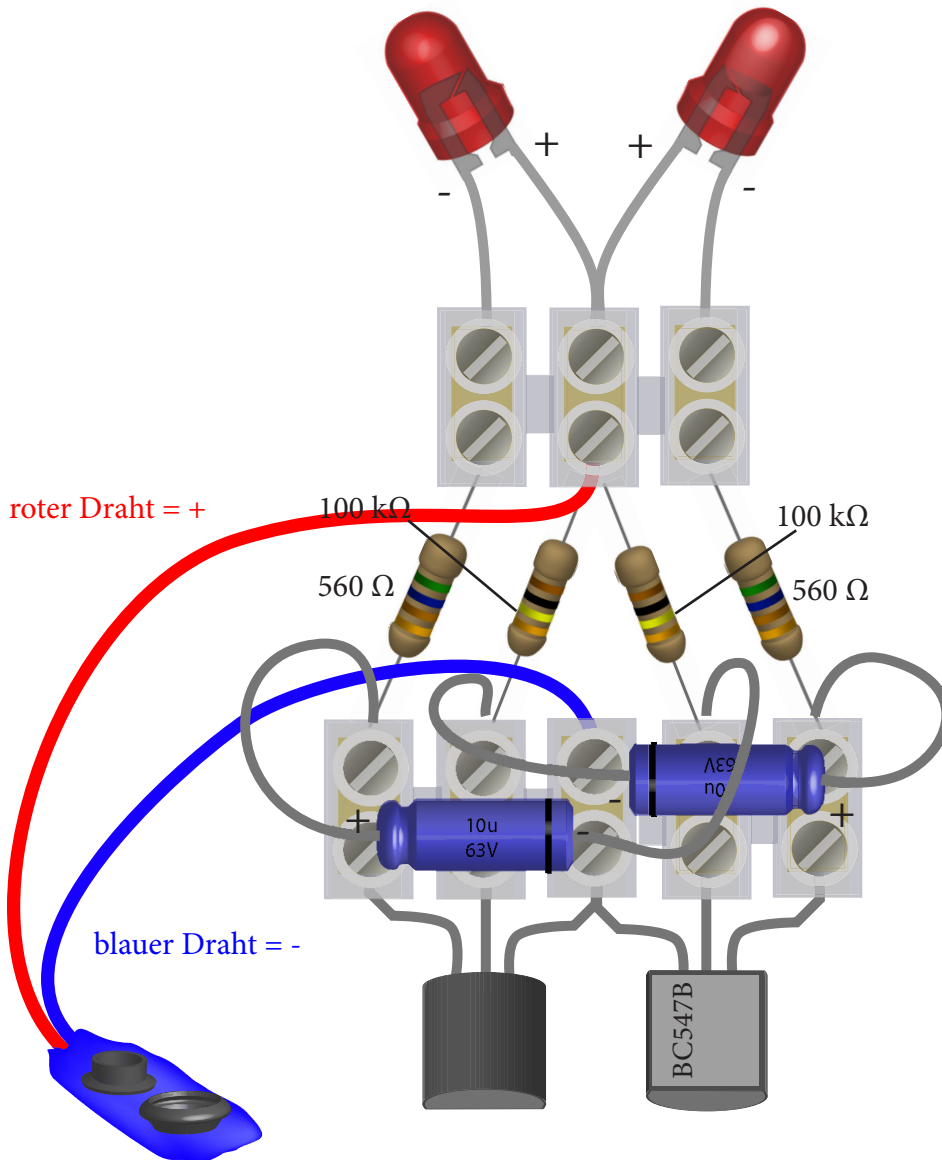


Bild einer LED

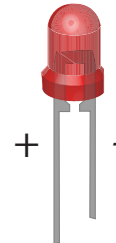
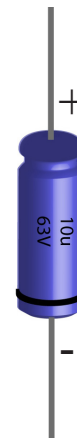


Bild eines Kondensators



Die Polarität der Kondensatoren (schwarzer Strich ist negativ) und die Einbaurichtung der Transistoren bitte beachten! Falsches Einbauen kann diese Bauteile zerstören. Auch die Polarität der LEDs muss beachtet werden. Der längere Anschluss Draht ist + und befindet sich in der mittleren Ader der oberen Lüsterklemme.

Tauscht man die 100kΩ Widerstände durch 10kΩ Widerstände, so blinkt die Schaltung 10 mal schneller. (Der Kondensator entlädt sich 10 mal schneller). Tauscht man nur einen von beiden so leuchtet eine LED länger als die andere.